

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑧⑦ EP 0 486 133 B1

⑩ DE 691 23 707 T 2

⑤① Int. Cl.⁶:
F 23 R 3/00
F 02 K 1/82

| | | |
|----|---|--------------|
| ②① | Deutsches Aktenzeichen: | 691 23 707.7 |
| ⑧⑥ | Europäisches Aktenzeichen: | 91 306 338.4 |
| ⑧⑥ | Europäischer Anmeldetag: | 12. 7. 91 |
| ⑧⑦ | Erstveröffentlichung durch das EPA: | 20. 5. 92 |
| ⑧⑦ | Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: | 18. 12. 96 |
| ④⑦ | Veröffentlichungstag im Patentblatt: | 3. 7. 97 |

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
15.11.90 US 614418

⑦③ Patentinhaber:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

⑦④ Vertreter:
Voigt, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 65812 Bad Soden

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, SE

⑦② Erfinder:
Wakeman, Thomas George, Lawrenceburg, Indiana
47025, US; Maclin, Harvey Michael, Cincinnati, Ohio
45242, US; Walker, Alan, Wyoming, Ohio 45215, US

⑤④ Filmgekühlte Brennkammerwand für Gasturbine

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 691 23 707 T 2

DE 691 23 707 T 2

Hintergrund der Erfindung

5 Gebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf filmgekühlte Brennkammerauskleidungen zur Verwendung in Gasturbinentriebwerken und insbesondere auf filmgekühlte Vielloch-Brennkammerauskleidungen für ein Flugzeug-Gasturbinentriebwerk.

10

Die Regierung hat Rechte an dieser Erfindung gemäß dem Kontrakt Nr. F33615-81C-5156, die von dem Department der Luftwaffe zuerkannt wurden.

15

Beschreibung des Standes der Technik

Brennkammerauskleidungen werden im allgemeinen in dem Brennkammerabschnitt von einem Gasturbinentriebwerk verwendet, der zwischen den Verdichter- und Turbinenabschnitten des Triebwerkes angeordnet ist. Brennkammerauskleidungen werden auch in den Abgasabschnitten von Flugzeug-Triebwerken benutzt, die Nachbrenner verwenden. Brennkammern enthalten im allgemeinen ein äußeres Gehäuse und eine innere Brennkammer. Brennstoff wird in dem Inneren der Brennkammer verbrannt und erzeugt ein heißes Gas gewöhnlich bei einer intensiv hohen Temperatur von beispielsweise 1650°C (3000°F) oder sogar höher. Um zu verhindern, daß diese intensive Hitze die Brennkammer beschädigt, bevor sie zu einer Turbine austritt, ist eine Hitzeabschirmung oder Brennkammerauskleidung in dem Inneren der Brennkammer vorgesehen. Diese Brennkammerauskleidung verhindert somit, daß die intensive Verbrennungshitze die Brennkammer oder das umgebende Triebwerk beschädigt.

20

25

30

35

Einige Flugzeug-Gasturbinentriebwerke, insbesondere solche, die für Überschallflüge geeignet sind, wie bei-

spielsweise militärische Kampfflugzeuge und Bomber, haben Verstärker oder Nachbrenner, die in dem Abgasabschnitt des Triebwerkes angeordnet sind. Hitzeabschirmungen oder Auskleidungen können auch für Nachbrenner-Triebwerke vorgesehen sein, um zu verhindern, daß die intensive Verbrennungswärme das umgebende Gehäuse des Abgasabschnittes oder andere Teile des Triebwerks und Flugzeugs beschädigt.

In der Vergangenheit sind verschiedene Typen von Brennkammer- und Nachbrennerauskleidungen vorgeschlagen und benutzt worden. Zusätzlich ist eine Vielfalt von unterschiedlichen Methoden vorgeschlagen worden, wie man diese Auskleidungen kühlen soll, um so der größeren Verbrennungshitze zu widerstehen oder die nutzbare Lebenserwartung der Auskleidung zu verlängern. Charakteristischerweise sind diese Auskleidungen übermäßig komplex, schwierig und teuer zu fertigen und zu überholen und sie vergrößern das Gewicht des Triebwerkes. Triebwerks-Konstrukteure haben lange danach gesucht, Auskleidungen mit einem geringen Gewicht einzubauen, die den in Brennkammern zu findenden Temperaturen und Druckunterschieden widerstehen können und die relativ einfach und billig zu fertigen sind.

Bekannte Verfahren zur Filmkühlung von Brennkammerauskleidungen haben in Umfangsrichtung angeordnete Reihen von Filmkühlschlitzten vorgesehen, wie beispielsweise diejenigen, die in dem US-Patent 4 566 280 von Burr und US-Patent 4 733 538 von Vdovjak u.a. gezeigt sind, die durch komplexe Strukturen typisiert sind, die ungleichförmige Auskleidungsdicken haben, die Anlaß zu thermischen Gradienten sind, die eine Langzeitermüdung in der Auskleidung bewirken und deshalb deren mögliche Lebenserwartung verkürzen und ihre Dauerhaftigkeit verringern. Die komplexen Formen und die maschinelle Bearbeitung, die erforderlich sind, um diese Auskleidungen zu erzeugen, beeinflussen in negativer Weise ihre Kosten und das Gewicht.

Andere filmgekühlte Brennkammerauskleidungen, wie beispielsweise diejenigen, die in dem US-Patent 4 695 247 von Enzaki u.a. gezeigt sind, haben die Verwendung von doppelwandigen Auskleidungen beschrieben, die Filmkühlöffnungen verwenden, die eine Neigung von etwa 30 Grad zu der filmgekühlten heißen Wand aufweisen. Dieser Typ einer doppelwandigen Auskleidung ist komplex, schwer und teuer zu fertigen und zu reparieren. Der Innenraum zwischen den im Abstand angeordneten doppelten Wänden kann auch Wartungsprobleme und Verstopfungen bewirken. Es wird auch Bezug genommen auf eine weitere Auskleidung des doppelwandigen Typs mit einer Vielloch-Filmkühlung, die in dem US-Patent 4 896 510 von Foltz beschrieben ist. Foltz wird nur zu Referenzzwecken genannt, um die vorliegende Erfindung besser zu verstehen, und deshalb wird sie, wie auch die anderen oben genannten Patente durch diese Bezugnahme in die vorliegende Offenbarung eingeschlossen.

Ein noch anderes Mittel zum Kühlen von Auskleidungen verwendet Transpirations- bzw. Schweißkühlmittel, wobei Kühlluft kontinuierlich durch eine Auskleidung abgegeben wird, die nahezu als porös beschrieben werden kann. Schweißgekühlte Auskleidungen haben relativ komplizierte Löcher und können zahlreiche Materialsichten verwenden. Schweißgekühlte Auskleidungen sind möglicherweise einer stärkeren Beanspruchung nicht gewachsen aufgrund des Grades der Porosität und erfordern deshalb komplizierte und schwere Stützmittel, damit sie in modernen großen Triebwerken verwendet werden können.

EP-A-0 335 481 zeigt eine Anordnung von Kühlöffnungen in einer Wand, z.B. einer Brennkammerauskleidung, mit einer speziellen Leitung der Kühlöffnungen.

JP-A-63-135719 zeigt die Bereitstellung von einer gewellten Auskleidung, wobei die Wellung die Maßbeständigkeit der Auskleidung vergrößert.

Zusammenfassung der Erfindung

5 Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird eine einwandige Brennkammerauskleidung von einer Gasturbine geschaffen, enthaltend: eine heiße Seite und eine kalte Seite und wenigstens ein kontinuierliches Muster von kleinen, eng im Abstand angeordneten, scharf stromabwärts gewinkelten Filmkühlöffern von der kalten Seite zur heißen Seite, wobei die Filmkühlöffern einen Lochdurchmesser (D), einen stromabwärtigen Schrägwinkel (A) haben und wenigstens genügend eng zueinander im Abstand (S) angeordnet sind, um einen kontinuierlichen Kühlfilm auf der heißen Seite während des Brennkammerbetriebs zu bewirken, dadurch gekennzeichnet, daß das kontinuierliche Muster sich im wesentlichen über die gesamte Länge der Auskleidung erstreckt, die Filmkühlöffern die Funktion haben, die gesamte Kühlluft im wesentlichen unter dem Schrägwinkel (A) zu injizieren, und wenigstens ein Teil der Auskleidung gewellt ist, um einen axial verlaufenden, flachwelligen Wandquerschnitt zu bilden.

25 Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine einwandige Auskleidung von einem Nachverbrennungs-Gasturbinentriebwerks-Abgasabschnitt geschaffen mit einer heißen Seite und einer kalten Seite; wenigstens einem kontinuierlichen Muster von kleinen, eng im Abstand angeordneten, scharf stromabwärts gewinkelten Filmkühlöffern von der kalten Seite zur heißen Seite, die durch die Auskleidung hindurch angeordnet sind; wobei die Filmkühlöffern einen Lochdurchmesser (D), einen stromabwärtigen Schrägwinkel (A) aufweisen und wenigstens ausreichend eng genug im Abstand (S) zueinander angeordnet sind, um einen kontinuierlichen Kühlfilm auf der heißen Seite der Auskleidung während eines Brennkammerbetriebs zu bewirken; und dadurch gekennzeichnet, daß das kontinuierliche Muster sich im wesentlichen über die gesamte Länge der Auskleidung erstreckt; die Filmkühlöffern die Funktion haben, die gesamte Kühlluft im wesentlichen

sentlichen unter dem Seitenschrägwinkel (A) zu injizieren und ein Abschnitt der Auskleidung ringförmige Wellungen hat, um einen axial verlaufenden welligen Wandquerschnitt zu bilden.

5

Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Gasturbinen-Verbrennungsabschnitt geschaffen, enthaltend: ein äußeres Gehäuse, eine einwandige, äußere Metallblechauskleidung, die innen von dem äußeren Gehäuse angeordnet ist und wenigstens ein kontinuierliches Muster von kleinen, eng im Abstand angeordneten, scharf stromabwärts gewinkelten Filmkühllöchern aufweist; wobei die Filmkühllöcher einen Lochdurchmesser (D), einen stromabwärtigen Schrägwinkel (A) aufweisen, wenigstens ausreichend eng genug im Abstand zueinander angeordnet sind, um während eines Verbrennungsbetriebes einen Kühlfilm auf der heißen Seite der äußeren Auskleidung zu bewirken; eine einwandige, innere Metallblechauskleidung, die innen von der äußeren Auskleidung angeordnet ist und wenigstens ein kontinuierliches Muster von kleinen, eng im Abstand angeordneten, scharf stromabwärts gewinkelten Filmkühllöchern aufweist; wobei die Filmkühllöcher einen Lochdurchmesser (D), einen stromabwärtigen Schrägwinkel (A) haben und wenigstens ausreichend eng genug zueinander im Abstand angeordnet sind, um einen kontinuierlichen Kühlfilm auf einer inneren heißen Seite während eines Verbrennungsbetriebes zu bewirken; und dadurch gekennzeichnet, daß: das kontinuierliche Muster sich im wesentlichen über die gesamte Länge der Auskleidungen erstreckt, die Filmkühllöcher die Funktion haben, die gesamte Kühlluft im wesentlichen unter dem Schrägwinkel zu injizieren, und wenigstens ein Teil der äußeren Auskleidung gewellt ist, um einen flachwelligen Wandquerschnitt zu bilden.

35

Gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren geschaffen zum Herstellen einer Gasturbinen-Brennkammer, wobei ein im allgemeinen ringförmiger Auskleidungsmantel aus dünnem Metallblech geformt wird, das für

die heiße Umgebung von einer Gasturbinen-Brennkammer geeignet ist, und dadurch gekennzeichnet, daß: durch Laserbohren wenigstens ein Muster von kleinen, eng im Abstand angeordneten, scharf stromabwärts gewinkelten Filmkühlloch-
 5 chern mit einem stromabwärtigen Schrägwinkel in einem Bereich zwischen 10 und 20 Grad in dem ringförmigen Mantel hergestellt wird, wobei das Bohren von der heißen Seite zur kalten Seite des Mantels erfolgt, und der Mantel durch Dehnen geformt wird, um flache Wellungen in dem Mantel zu erzeugen.
 10

Vorteile

15 Brennkammerauskleidungen gemäß der vorliegenden Erfindung können die radialen Temperaturgradienten in dramatischer Weise verkleinern, die üblicherweise in der konventionellen Metallmasse oder filmgekühlten Brennkammerauskleidungsplatten gefunden werden. Eine Verkleinerung dieser
 20 radialen Gradienten hat eine konsequente Verkleinerung in der thermischen Ringbeanspruchung und eine verbesserte Langzeit-Ermüdungsdauer zur Folge. Die Verwendung einer einfachen Wellenform, wie sie in konventionellen Nachbrennerauskleidungen gefunden wird, kann in der äußeren Aus-
 25 kleidung von dem Verbrennungsabschnitt des Triebwerks und auch in der Nachbrenner-Auskleidung verwendet werden, um für ein billiges Mittel zu sorgen, um der Brennkammerauskleidung eine Beständigkeit gegenüber Verbiegung bzw. Buckelbildung zu erteilen.

30 Die vorliegende Erfindung schafft auch ein sehr einfaches, billiges Fertigungsverfahren, wobei ein Metallblechzylinder mit einem Laser gebohrt wird, um das Kühlmuster auszubilden, und die versteifende Wellenform wird dem
 35 Mantel durch Dehnungsgesenke gegeben.

Ein weiterer Vorteil, der durch die vorliegende Erfindung erzielbar ist, besteht darin, daß mit der Wellen-

formkonstruktion Verdünnungslöcher irgendwo auf der Platte angeordnet werden können, anders als bei konventionellen Auskleidungen, wo Verdünnungslöcher darauf beschränkt sind, zwischen Plattenmassen angeordnet zu werden.

5

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung wird nun mit weiteren Einzelheiten anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen beschrieben, in denen:

Figur 1 eine schematische Ansicht von einem typischen Gasturbinentriebwerk ist, das einen Kerntriebwerks-Verbrennungsabschnitt und einen Nachverbrennungs-Abgasabschnitt mit Brennkammerauskleidungen gemäß der vorliegenden Erfindung aufweist;

Figur 2 eine perspektivische Ansicht von dem Kerntriebwerks-Verbrennungsabschnitt von dem in Figur 1 gezeigten Triebwerk ist;

Figuren 3a - 3d ein Verfahren zur Fertigung einer Verbrennungsabschnitt-Brennkammerauskleidung, wie beispielsweise die in Figur 1 gezeigte Hauptbrennkammerauskleidung, gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung darstellen;

Figur 4 eine vergrößerte perspektivische Ansicht von einem Teil einer Brennkammerauskleidung gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist;

Figur 5 eine perspektivische Ansicht von der in Figur 1 gezeigten Nachbrenner-Auskleidung ist.

30

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Das Gasturbinentriebwerk gemäß Figur 1 ist repräsentativ für ein Flugzeug-Gasturbinentriebwerk, das einen Verbrennungsabschnitt und einen Nachbrenner aufweist, die Verbrennungsauskleidungen gemäß der Erfindung enthalten.

35

In Figur 1 ist ein typisches Gasturbinentriebwerk 10 gezeigt, das einen Fanabschnitt 12 aufweist, der in einer Reihenströmungsrelation mit einem Triebwerkskern 13 und mit einem Bypasskanal 35 ist, der im allgemeinen konzentrisch um den Triebwerkskern herum angeordnet ist. Die Strömung von dem Triebwerkskern 13 und dem Bypasskanal 35 wird in einen Abgasabschnitt 22 mit einer Düse 34 abgegeben, die dazu verwendet wird, die Erzeugung von Schub zu unterstützen. Ein Teiler (Splitter) 17 führt einen Teil der Luftströmung 27, die als Bypass-Strömung bezeichnet wird, von dem Fanabschnitt 12 durch den Bypasskanal 35 um den Triebwerkskern 13 herum. Die verbleibende Luftströmung, die als Kernluftströmung 25 bezeichnet wird, wird durch einen Verdichter 14 verdichtet und zu einem Verbrennungsabschnitt 16 abgegeben, der axial und in Umfangsrichtung verlaufende, äußere und innere Brennkammerauskleidungen 48 bzw. 50 aufweist. Die äußeren und inneren Brennkammerauskleidungen 48 und 50 sind radial im Abstand zueinander angeordnet, um einen Teil der ringförmigen Verbrennungsströmungsbahn oder die Verbrennungszone 33 dazwischen zu bilden, wo ein Teil der Kernströmung 25 mit Brennstoff gemischt und das entstehende Gemisch verbrannt wird. Der Verbrennungsabschnitt erzeugt heiße Verbrennungsgase, die mit dem Rest der Verdichterausgangsströmung gemischt wird, und die entstehende erhitzte Ausgangsströmung wird dann zu dem Turbinenabschnitt 20 geleitet, der den Verdichterabschnitt 14 und den Fanabschnitt 12 antreibt.

Ein Nachbrenner 24, wie er in Figur 1 dargestellt ist, ist in dem Abgasabschnitt 22 stromabwärts von dem Turbinenabschnitt 20 angeordnet und hat die Funktion, zusätzlichen Brennstoff mit der Bypassluft 27 und der Kernströmung 25 zu verbrennen, um den Schub zu verstärken oder zusätzlichen Schub zu erzeugen. Die Schubverstärkung ist besonders nützlich bei militärischen Flugzeugen für kurze Zeitperioden, wie beispielsweise während des Startens, des Anstiegs und während Kampfmanövern. Der Abgasabschnitt 22 enthält die Kernströmung 32, die von einem ringförmigen Ge-

häuse 26 und einer ringförmigen Nachbrennerauskleidung 28 radial innen von dem Gehäuse 26 und einer Kühlkammer 29 dazwischen umgeben ist. Der Nachbrenner kann auch als ein Verstärker bezeichnet werden.

5

Die äußeren und inneren Brennkammerauskleidungen 48 und 50 und die Nachbrennerauskleidung 28 sorgen für einige im allgemeinen ähnliche Funktionen. Sie enthalten die heißen Verbrennungsgase und bilden eine geeignete Strömungsbahn, um eine effiziente Verbrennung zu fördern. Druckluft tritt in den Verbrennungsabschnitt 16 ein, wo sie mit Brennstoff gemischt und verbrannt wird. Die heißen Verbrennungsgase, die in einigen Gasturbinenriebwerken 1489°C (3000°F) überschreiten können, treten aus dem Verbrennungsabschnitt 16 aus, strömen danach über die Turbinenschaufeln 46 und durch den verbleibenden Teil des Turbinenabschnittes 20. Die heißen Gase werden dann mit einer hohen Geschwindigkeit von dem Triebwerk 10 durch die Abgasdüse 34 ausgestoßen, wobei die darin verbliebene Energie für eine Schuberzeugung durch das Triebwerk 10 sorgt.

In Figur 2 ist eine perspektivische Ansicht von dem Verbrennungsabschnitt 16 gezeigt, der eine Brennkammeranordnung 38 aufweist, die in der Verdichter-Ausgangsströmung 37 zwischen einem äußeren Brennkammergehäuse 130 und einem inneren Brennkammergehäuse 132 in einer eine Versorgung für ein energiereiches Strömungsmittel enthaltenden Verbindung mit dem Turbinenabschnitt 20 ist, der durch Turbinenschaufeln 46 gebildet wird. Die Brennkammeranordnung 38 wird weiterhin durch axial und in Umfangsrichtung verlaufende äußere und innere Brennkammerauskleidungen 48 bzw. 50 gebildet, die mit radialem Abstand zueinander angeordnet sind, um dazwischen einen Teil der ringförmigen Strömungsbahn oder Verbrennungszone 33 zu bilden. Die äußere Auskleidung 48 und das äußere Gehäuse 130 bilden einen äußeren Brennkammerkanal 160 dazwischen, und eine innere Auskleidung 50 und das innere Gehäuse 132 bilden einen inneren Kanal 161, wobei die Kanäle zur Aufnahme von kalter Verdich-

terausgangsluft sorgen. An dem stromaufwärtigen Ende der Brennkammerauskleidung 48 und 50 sind mehrere Brennstoffinjektoren 52 anordnet, die in mehreren Öffnungen 54 in dem Brennkammerdom 31 der Brennkammeranordnung 38 angebracht
 5 sind. Es sei darauf hingewiesen, daß die Brennkammeranordnung 38 und die äußeren und inneren Brennkammerauskleidungen 48 und 50 eine bevorzugte Ringform haben, die sich in Umfangsrichtung um die Mittellinie des Triebwerks herum erstreckt, und der Dom 31 ist von dem Doppeldomtyp, um den
 10 Doppelkreisring von Brennstoffinjektoren 52 aufzunehmen. Dementsprechend sind die Brennstoffinjektoren 52 in Umfangsrichtung im Abstand zueinander angeordnet, um eine Anzahl von Injektionspunkten für den Eintritt eines Brennstoff/Luft-Gemisches in die Brennkammeranordnung 38 über
 15 der Umfangsausdehnung der ringförmigen Verbrennungsströmungsbahn 33 zu sorgen.

Die stromaufwärtigen Enden der Brennkammerauskleidungen 48 und 50 sind mit Mitteln versehen, um an dem Brennkammerdom 31 befestigt und in axialer und radialer
 20 Richtung gehalten zu werden. Stromabwärtige Enden 73 haben radiale Halterungsmittel, wie beispielsweise Festsitze oder andere übliche Halterungsmittel, die für eine radiale Halterung sorgen und ein thermisches Wachsen der Auskleidungen
 25 48 und 50 erlauben.

Die äußere Auskleidung 48 wird vorzugsweise von einem einwandigen ringförmigen Blech oder einem Mantel gebildet, der im allgemeinen axial verlaufende, im allgemeinen
 30 ringförmige Wellungen 60 aufweist, die die äußere Auskleidung 48 zu einer im Querschnitt welligen Wand 63 machen. Die äußere Auskleidung 48 hat eine kalte Seite 57 in Kontakt mit der relativ kalten Luft außerhalb der Verbrennungszone 33 und eine heiße Seite 61, die auf die Verbrennungszone gerichtet ist und eine Einrichtung zur Ausbildung
 35 einer Vielloch-Filmkühlung der Auskleidung 48 aufweist. Die Einrichtung zur Ausbildung der Vielloch-Filmkühlung, die mit weiteren Einzelheiten in Figur 4 gezeigt ist, weist

mehrere sehr schmale, eng im Abstand angeordnete Filmkühl-
löcher 80 auf, die durch die Auskleidung 48 hindurch in ei-
nem scharfen stromabwärtigen Winkel A in einem Bereich von
15° bis 20° angeordnet sind und die axial nach hinten ge-
5 neigt oder schräg sind von der kalten Oberfläche 57 zur
heißen Oberfläche 61 der Auskleidung 48. Wir haben gefun-
den, daß von einem Fertigungs- und Kostenstandpunkt ein
Schrägwinkel A von etwa 20° in bezug auf jede Oberfläche
der Auskleidung 48 bevorzugt ist. Kleinere Schrägwinkel A
10 können vorteilhaft sein für eine verbesserte Kühlung, und
deshalb kann ein alternativer Schrägwinkel A in dem Bereich
von etwa 20° bis 15° verwendet werden, wenn die damit ver-
bundenen Kosten gerechtfertigt sind. Schrägwinkel kleiner
als 15° können die Auskleidungsstruktur schwächen. Die Lö-
15 cher haben einen bevorzugten Durchmesser von 0,51 mm
(20/1000 Zoll) und sind vorzugsweise im Abstand von etwa
3,81 mm (150/1000 Zoll) außermittig voneinander oder etwa 6
und einen halben ($6 \frac{1}{2}$) Lochdurchmesser angeordnet.

20 In ähnlicher Weise ist die innere Auskleidung 50
aus einem einwandigen ringförmigen Blech oder einem Mantel
gebildet, der mehrere sehr enge, dicht im Abstand angeord-
nete, scharf geneigte Filmkühl Löcher 80 aufweist, die axial
nach hinten geneigt sind von der kalten Oberfläche 49 zur
25 heißen Oberfläche 51 der Auskleidung 50.

Die einwandige ringförmige Brennkammerauskleidung
ist ein wichtiges Merkmal der vorliegenden Erfindung, wie
auch ihr Fertigungsverfahren. Das bevorzugte Verfahren zum
30 Fertigen einer typischen Brennkammerauskleidung gemäß der
Erfindung ist in den Figuren 3a - 3d gezeigt. Eine äußere
Brennkammerauskleidung 48 wird aus dünnem Metallblech ge-
bildet, was für die heiße Umgebung von einer Gasturbinen-
Brennkammer geeignet ist, mit einer Dicke, die in dem be-
vorzugten Ausführungsbeispiel etwa 2,03 mm (80/1000 Zoll)
35 beträgt. Der Metallblechmantel 48 wird aus einem Metall-
blech 260 gebildet, vorzugsweise durch Walzen, wie es in
Figur 3a durch Walzen 240 dargestellt ist, und seine axial

verlaufenden Kanten 220 werden miteinander verschweißt, um eine Naht 275 zu erzeugen, wodurch die im allgemeinen ringförmige Form des Mantels gebildet wird, die entweder konisch oder zylindrisch sein kann. Wie in Figur 3b gezeigt ist, werden die Vielloch-Filmkühlöcher 80 dann durch einen Laser, wie es durch den Laser 280 und sein Strahlungsbandel 290 dargestellt ist, in den ringförmigen Mantel der äußeren Auskleidung 48 von der heißen Seite zur kalten Seite der Auskleidung gebohrt, was im Falle der äußeren Auskleidung 48 von der Innenseite des Mantels her heißt. Da im Falle der äußeren Auskleidung 48 und der Nachbrennerauskleidung 28 (in Figur 5 gezeigt) Wellungen oder Wellen 60 verwendet werden sollen, werden die Wellungen dann in der Mantelwand durch Dehnung (Expansion) ausgebildet, wobei Dehnungsge-
senke verwendet werden, wie es in Figur 3c dargestellt ist. Ringförmige Querschnitte an den Enden des Mantels können auch mit diesem Verfahren gebildet werden, um Flansche oder andere Befestigungsmittel für die Auskleidung zu formen.

Verdünnungsluft wird hauptsächlich durch mehrere in Umfangsrichtung verlaufende, im Abstand angeordnete Verdünnungslöcher 78 eingeführt, die in jeder der inneren und äußeren Auskleidungen 48 und 50 angeordnet sind. Jedes Loch 78 hat eine Querschnittsfläche, die wesentlich größer als die Querschnittsfläche von einem der Vielloch-Kühlöcher 80 ist, und sie sind im allgemeinen weit kleiner in der Anzahl. Die Verdünnungslöcher 78 und bis zu einem kleineren Ausmaß die Kühlöcher 80 dienen dazu, zusätzliche Luft in die Brennkammeranordnung 38 einzulassen. Diese zusätzliche Luft mischt sich mit dem Luft/Brennstoff-Gemisch aus den Injektoren 52 und unterstützt, bis zu einem gewissen Maß, eine gewisse zusätzliche Verbrennung.

Es wird nun auf Figur 4 Bezug genommen; die Auskleidungsdicke T , der Vielloch-Filmkühllochabstand S (der Abstand zwischen den Kühlloch-Mittellinien), die Filmkühllochlänge L und -durchmesser D und der Kühllochwinkel A der Kühlöcher 80 sind eine Funktion der Kühlströmungserforder-

nisse, um die Dauerhaftigkeitscharakteristiken des jeweili-
 gen Triebwerkes zu erfüllen, in dem sie verwendet werden.
 Vorzugsweise haben die Brennkammerauskleidungen einen ther-
 mischen Trenn- oder Grenzüberzug auf ihrer heißen Seite 61,
 5 um die Wärmebelastung in die Auskleidungen weiter zu ver-
 ringern. Die Kühllöcher 80 sind Laser-gebohrte Löcher. Üb-
 licherweise ist die Wanddicke T der Brennkammerauskleidung
 so bemessen, daß sie sowohl die mechanischen Belastungser-
 fordernisse erfüllt als auch gestattet, daß die Kühlströ-
 10 mung durch das Kühlloch 80 ein angemessenes Län-
 gen/Durchmesser-Verhältnis (L/D) von wenigstens 1,0 und be-
 vorzugt länger entwickelt. Dieses minimale L/D ist erforder-
 lich, um einen guten Film zu bilden und die konvektive
 Kühlung entlang einer Kühlloch-Innenfläche 81 in dem Kühl-
 15 loch 80 zu maximieren. Wir haben auch gefunden, daß die
 Kühllöcher in einem Abstand voneinander oder zwischen den
 Mittellinien C von benachbarten Kühllöchern 80 von etwa 7
 Durchmessern angeordnet sein sollten.

20 Das Verfahren des Laserbohrens wird bevorzugt in
 der Weise ausgeführt, daß die Löcher von der heißen Seite
 61 zur kalten Seite 57 der Brennkammerauskleidung gebohrt
 werden, was für die äußere Auskleidung 48 und die Nachbren-
 ner-Auskleidung 28 von der Innenseite des Mantels nach au-
 25 ßen ist, wodurch ein Diffusions- bzw. Verteilungskühlloch
 mit einem sich erweiternden Auslaß erzeugt wird, der weiter
 als der Kühllocheinlaß ist. Der erweiterte Auslaß sorgt für
 eine Verteilung der Kühlströmung durch das Kühlloch 80, um
 dadurch die Filmkühl-Wirksamkeit zu verbessern, die die
 30 Menge an Kühlströmung, die durch die Kühllöcher 80 erforder-
 lich ist, und die Druck- und Triebwerksleistungsverluste
 verkleinert, die mit diesem Kühlmittel verbunden sind.

Es sind dem Verbiegen bzw. Verziehen widerstehende
 35 Mittel, wie beispielsweise in den Figuren 1 und 2 gezeigte
 Wellungen 60, vorgesehen. Das Verziehen bzw. Verbiegen der
 äußeren Auskleidung 48 aufgrund einer Innendruckbelastung
 ist primär eine Konstruktionsüberlegung. Einen kleineren

und mittleren Durchmesser aufweisende Brennkammern kurzer Länge brauchen nur eine vernünftige Auskleidungsdicke kombiniert mit ihrer gebildeten Form und Endhalterung erfordern, die durch den Brennkammerdom 31 und eine Statordichtung geliefert wird, um für eine ausreichende Verbiegungsgrenze zu sorgen. Diese Grenze kann durch Verwendung einer signifikanten axialen Krümmung in der Auskleidung vergrößert werden, um ihr Widerstandsmoment zu vergrößern. Sehr große Brennkammerauskleidungen, die einen Durchmesser von etwa 76,2 cm (30 Zoll) oder größer aufweisen, wie beispielsweise die äußere Auskleidung 48 in dem Verbrennungsabschnitt 16, und lange Brennkammerauskleidungen, wie beispielsweise die Nachbrennerauskleidung 48, können zusätzliche Merkmale erfordern, um ein Verbiegen bzw. Verziehen zu verhindern. Die vorliegende Erfindung sieht Wellungen 60 der äußeren Auskleidung 48 und der Nachbrennerauskleidung 28 vor, um die Auskleidungsauslenkung zu begrenzen und dem Verbiegen bzw. Verziehen zu widerstehen.

Der Verbiegewiderstand, der durch die Wellenkonstruktion der Wellungen 60 erteilt wird, ist ähnlich demjenigen, der in den Nachbrennerauskleidungen ausgeübt wird und muß so ausgelegt sein, daß dafür gesorgt ist, daß die Filmwirksamkeit der Auskleidung durch die Wellenform nicht nachteilig beeinträchtigt wird. Wir haben gefunden, daß eine flache Sinuswellenform bevorzugt ist. Ein Beispiel von einer derartigen flachwelligen Form oder gewellten Auskleidung ist in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel dargestellt, das für eine äußere Auskleidung 48 des Brennkammerabschnittes mit einem Durchmesser von 76,2 cm (30 Zoll) eine Berg-zu-Tal-Tiefe entlang der heißen Oberfläche 51 von etwa 2,03 mm (80/1000 Zoll) und eine Berg-zu-Berg-Länge von etwa 2,29 cm (900/1000 Zoll) schafft. Wir haben gefunden, daß eine derartige Konfiguration sehr wirksam ist, um die Unversehrtheit des Kühlfilm beizubehalten und für einen ausreichenden Verbiegewiderstand zu sorgen.

Für Brennkammern geeignete Metallblechmaterialien sind gut bekannt und enthalten Legierungen, wie beispielsweise Hastelloy X, HS188 und HA230. Ebenfalls geeignet für diese Verwendung ist Rene' 80, wenn sie in Verbindung mit dem Schnellerstarrungs-Plasmaabscheidungsverfahren (RSPD von Rapid Solidification Plasma Deposition) verwendet wird, die möglicherweise nicht für Metallblechauskleidungen geeignet ist, die aber auf wirtschaftliche Weise auf einem Dorn zu ihrer Ringform geformt werden kann. Die Auskleidung selbst, wenn Metallblechmaterialien verwendet werden, kann entweder durch Walzen oder Wirbeln des Bleches auf die gewünschten Größen oder durch Blechschweißen geformt werden, woran sich ein Wirbeln auf die gewünschte Geometrie anschließt. Diese Auskleidungskonfiguration wird geringere Kosten haben, weil die Fertigung hauptsächlich aus gewirbeltem Metallblech besteht, das Laser-gebohrt und mit einem thermischen Sperrschutz überzogen ist.

Das Fertigungsverfahren von Brennkammerauskleidungen gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung schafft eine sehr kosteneffektive Brennkammerauskleidung. Gemäß den Figuren 3a - 3c wird zunächst ein Zylinder aus Metallblechmaterial erzeugt, vorzugsweise durch Walzen und hergestellt aus einem der oben aufgelisteten Materialien. Eine einzige axiale Schweißung wird entlang den axial verlaufenden Enden des gewalzten Metallbleches hergestellt, um die Zylinderenden miteinander zu verbinden. Der Zylinder wird dann auf einem Halter angebracht und es werden Vielloch-Kühlöffnungen 80 in dem Zylinder lasergebohrt. Eine äußere Auskleidung 48 für einen Verbrennungsabschnitt 16 mit einem typischen Durchmesser von 76,2 cm (30 Zoll) kann üblicherweise über 20.000 Löcher enthalten. Die gebohrte Brennkammerauskleidung wird dann auf einem Satz von Gesenken gedehnt bzw. expandiert, die ihr die Wellenform erteilen.

Ein Laserbohrschritt, wie er durch die Erfindung vorgeschlagen wird, wird geeigneterweise als "fliegendes"

Laserbohren bezeichnet, wo eine Anzahl von aufeinanderfolgenden Bohrvorgängen für jedes Loch gemacht werden, wenn sich der Auskleidungsmantel in der Umfangsrichtung dreht. Es wird angenommen, daß zum Bohren des flachen, gewinkelten Filmkühlloches bei seinem bevorzugten Schrägwinkel 20° etwa 6 bis 10 aufeinanderfolgende Laserpulse (Perkussion) pro Loch erforderlich sind. Dieses Verfahren sorgt ferner dafür, daß der Mantel rotiert, so daß die Umfangslöcher in jeder axialen Position der Reihe nach gebohrt werden. Da bei Verwendung dieses Verfahrens der Mantel 6 bis 10 Umdrehungen macht, bevor die Löcher fertig sein, gibt es eine Kühlung zwischen aufeinanderfolgenden Pulsen, wodurch ein besseres Loch mit weniger Umschmelzungsschicht erzielt wird und die Unrundheit der Auskleidung aufgrund von thermischer Verformung in signifikanter Weise verkleinert wird.

Gegenwärtig wird angenommen, daß 10 Pulse pro Loch auf der Basis von Lochqualität und Kosten bevorzugt sind (einschließlich Abnutzung des Laserbohrgerätes). Die bevorzugte Anzahl von Pulsen gestattet im allgemeinen, daß das Loch durch das Material in sechs Pulsen hergestellt wird, und die folgenden vier Pulse werden benutzt, um das Loch im wesentlichen auf die richtige Größe zu erweitern. Es wird geschätzt, daß für eine 2,03 mm (80/1000 Zoll) dicke Auskleidung mit einem Durchmesser von 76,2 cm (30 Zoll) sechs bis 16 Sekunden pro Loch und 30 - 40 Stunden pro Auskleidung für die Herstellung einer Brennkammerauskleidung des Verbrennungsabschnittes erforderlich sind. Offensichtlich variieren diese Parameter gemäß den spezifischen Erfordernissen von einer gegebenen Brennkammerauskleidungskonstruktion und werden nur zu Darstellungszwecken angeboten. Die bevorzugte Toleranz des Durchmessers der Filmkühllöcher beträgt $+ 0,05$ mm (2/1000 Zoll), und die bevorzugte Toleranz des Schrägwinkels A des Kühlloches beträgt $+ 1$ Grad.

Wenn man bedenkt, daß das Laserbohren eine übermäßige Bildung von sprödem Umschmelzungsmaterial um das Loch herum und Mikrorisse in dem Loch bei seiner Herstellung be-

wirken kann, kann es nützlich sein, die folgenden zusätzlichen Schritte einzufügen. Nach dem Laserbohren wird ein Luft-Wasser-gestütztes Schleifabriebblasverfahren (AWAG von Air Water Assisted Grit Blast) benutzt, um eine Umschmelzung am Rand zusammen mit einem Teil der Umschmelzschicht innerhalb der Bohrung zu beseitigen. Versuche zeigen, daß AWAG auf der Lochachse besser ist als ein AWAG Schuß senkrecht zur Oberfläche. Ein Seiteneffektproblem mit AWAG ist, daß Lochfluß zunahm und beträchtlich variierte (etwa 7% bis 24%), und deshalb kann die Verwendung von AWAG ein Laserbohren von kleineren Filmkühlöffnungen erfordern, d.h. 0,457mm (18/1000 Zoll) oder so für ein Fertigloch von 0,51 mm (20/1000 Zoll).

Obwohl das bevorzugte Ausführungsbeispiel von unserer Erfindung vollständig beschrieben worden ist, um ihre Prinzipien zu erläutern, so ist verständlich, daß verschiedene Modifikationen oder Abänderungen an dem bevorzugten Ausführungsbeispiel vorgenommen werden können, ohne von dem Schutzzumfang der Erfindung, wie sie durch die Ansprüche definiert ist, abzuweichen.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

5 1. Einwandige Brennkammerauskleidung (48, 50) von einer Gasturbine, enthaltend:

 eine heiße Seite (51, 61) und eine kalte Seite (49, 57) und wenigstens ein kontinuierliches Muster von kleinen, eng im Abstand angeordneten, scharf stromabwärts gewinkelten Filmkühl-
10 löchern (80) von der kalten Seite zur heißen Seite, wobei die Filmkühllöcher (80) einen Lochdurchmesser (D), einen stromabwärtigen Schrägwinkel (A) haben und wenigstens genügend eng zueinander im Abstand (S) angeordnet sind, um einen kontinuierlichen Kühlfilm auf der heißen Seite während des Brennkammerbe-
15 triebs zu bewirken,

 dadurch gekennzeichnet, daß das kontinuierliche Muster sich im wesentlichen über die gesamte Länge der Auskleidung erstreckt; die Filmkühllöcher (80) die Funktion haben, die gesamte Kühlluft im wesentlichen unter dem Schrägwinkel (A) zu
20 injizieren; und wenigstens ein Teil der Auskleidung gewellt (60) ist, um einen axial verlaufenden, flachwelligen Wandquerschnitt bilden.

 2. Gasturbinen-Brennkammerauskleidung nach Anspruch
25 1, dadurch gekennzeichnet, daß der stromabwärtige Schrägwinkel (A) etwa 15 Grad beträgt.

 3. Gasturbinen-Brennkammerauskleidung nach Anspruch
30 1, dadurch gekennzeichnet, daß der stromabwärtige Schrägwinkel (A) in einem Bereich etwa zwischen 10 und 20 Grad liegt.

 4. Einwandige Auskleidung von einem Nachverbrennungs-Gasturbinentriebwerks-Abgasabschnitt (22) mit einer heißen Seite und einer kalten Seite; wenigstens einem kontinuierlichen Muster von kleinen, eng im Abstand angeordneten,
35 scharf stromabwärts gewinkelten Filmkühllöchern (80) von der kalten Seite zur heißen Seite, die durch die Auskleidung hindurch angeordnet sind; wobei die Filmkühllöcher (80) einen

Lochdurchmesser (D), einen stromabwärtigen Schrägwinkel (A) aufweisen und wenigstens ausreichend eng genug im Abstand (S) zueinander angeordnet sind, um einen kontinuierlichen Kühlfilm auf der heißen Seite (61) der Auskleidung während eines Brennkammerbetriebs zu bewirken; und

dadurch gekennzeichnet, daß das kontinuierliche Muster sich im wesentlichen über die gesamte Länge der Auskleidung erstreckt; die Filmkühlöcher (80) die Funktion haben, die gesamte Kühlluft im wesentlichen unter dem Seitenschrägwinkel (A) zu injizieren und ein Abschnitt (60) der Auskleidung ringförmige Wellungen hat, um einen axial verlaufenden welligen Wandquerschnitt zu bilden.

5. Brennkammerauskleidung für einen Nachverbrennungs-Gasturbinentriebwerks-Abgasabschnitt (22) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Schrägwinkel etwa 15 Grad beträgt.

6. Brennkammerauskleidung für eine Nachverbrennungs-Gasturbinentriebwerks-Abgasabschnitt (22) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der stromabwärtige Schrägwinkel (A) in einem Bereich etwa zwischen 10 und 20 Grad liegt.

7. Gasturbinen-Verbrennungsabschnitt (16) enthaltend:

ein äußeres Gehäuse (130), eine einwandige, äußere Metallblech-
auskleidung (48), die innen von dem äußeren Gehäuse (130) angeordnet ist und wenigstens ein kontinuierliches Muster von kleinen, eng im Abstand angeordneten, scharf stromabwärts gewinkelten Filmkühlöchern (80) aufweist; wobei die Filmkühlöcher einen Lochdurchmesser (D), einen stromabwärtigen Schrägwinkel (A) aufweisen, wenigstens ausreichend eng genug im Abstand zueinander angeordnet sind, um während eines Verbrennungsbetriebes einen Kühlfilm auf der heißen Seite (61) der äußeren Auskleidung zu bewirken,

eine einwandige, innere Metallblech-
auskleidung (50), die innen von der äußeren Auskleidung (48) angeordnet ist und wenigstens ein kontinuierliches Muster von kleinen, eng im Ab-

stand angeordneten, scharf stromabwärts gewinkelten Filmkühl-
 lochern (80) aufweist; wobei die Filmkühllocher einen Lochdurch-
 messer (D), einen stromabwärtigen Schrägwinkel (A) haben und
 wenigstens ausreichend eng genug zueinander im Abstand angeord-
 5 net sind, um einen kontinuierlichen Kühlfilm auf einer inneren
 heißen Seite während eines Verbrennungsbetriebes zu bewirken,
 dadurch gekennzeichnet, daß:

das kontinuierliche Muster sich im wesentlichen über
 die gesamte Länge der Auskleidungen erstreckt,
 10 die Filmkühllocher (80) die Funktion haben, die gesamte
 Kühlluft im wesentlichen unter dem Schrägwinkel zu injizieren
 und

wenigstens ein Teil (63) der äußeren Auskleidung ge-
 wellt ist, um einen flachwelligen Wandquerschnitt zu bilden.

15 8. Gasturbinen-Verbrennungsabschnitt nach Anspruch
 7, dadurch gekennzeichnet, daß der stromabwärtige Schrägwinkel
 (A) etwa 15 Grad beträgt.

20 9. Gasturbinen-Verbrennungsabschnitt nach Anspruch
 7, dadurch gekennzeichnet, daß der stromabwärtige Schrägwinkel
 (A) in einem Bereich etwa zwischen 10 und 20 Grad liegt.

25 10. Verfahren zum Herstellen einer Gasturbinen-
 Brennkammer (16), wobei ein im allgemeinen ringförmiger Aus-
 kleidungsmantel (48, 50) aus dünnem Metallblech geformt wird,
 das für die heiße Umgebung von einer Gasturbinen-Brennkammer
 geeignet ist, und dadurch gekennzeichnet, daß

durch Laserbohren wenigstens ein Muster von kleinen,
 30 eng im Abstand angeordneten, scharf stromabwärts gewinkelten
 Filmkühllochern (80) mit einem stromabwärtigen Schrägwinkel in
 einem Bereich zwischen 10 und 20 Grad in dem ringförmigen Man-
 tel (48, 50) hergestellt wird, wobei das Bohren von der heißen
 Seite (51, 61) zur kalten Seite des Mantels (49, 57) erfolgt,
 35 und der Mantel durch Dehnung geformt wird, um flache Wellungen
 (63) in dem Mantel (48, 50) zu erzeugen.

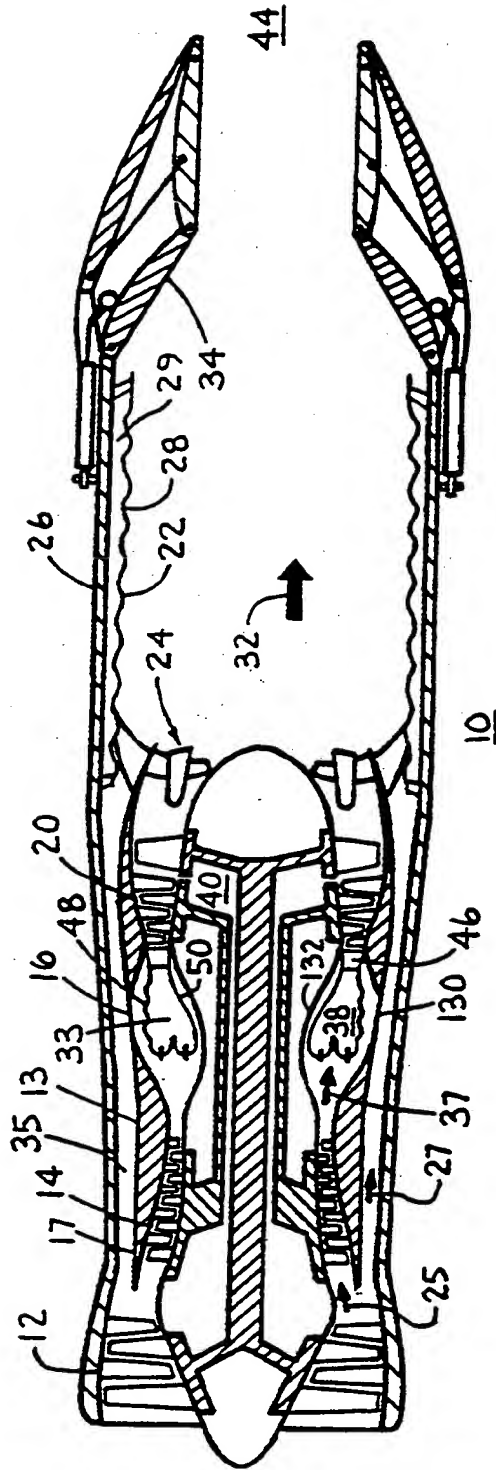


Fig. 1



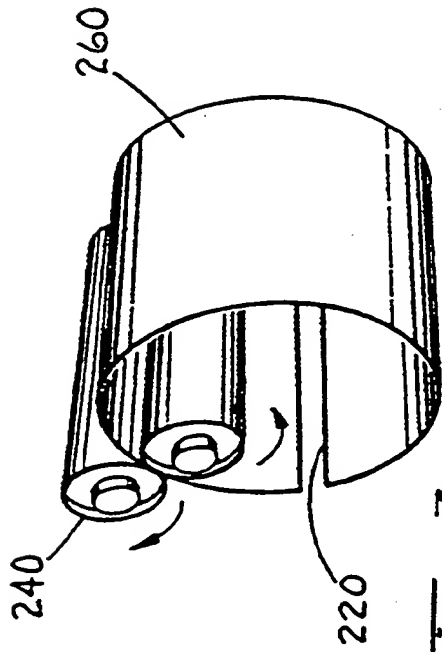


Fig. 3a

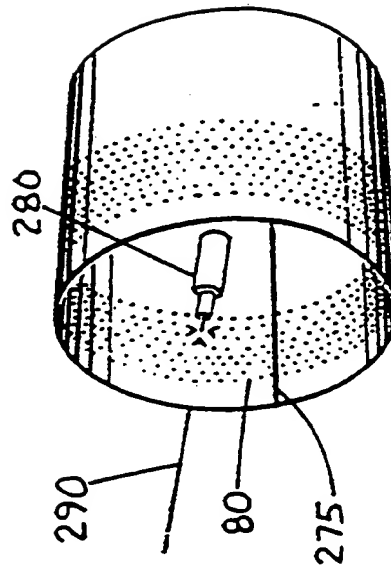


Fig. 3b

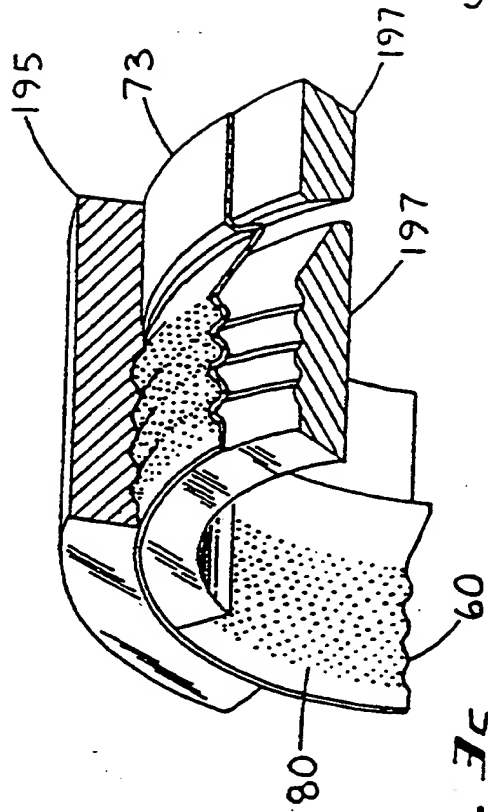


Fig. 3c

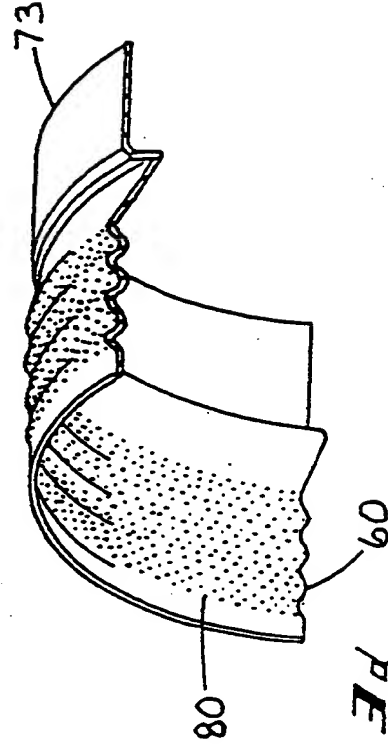


Fig. 3d

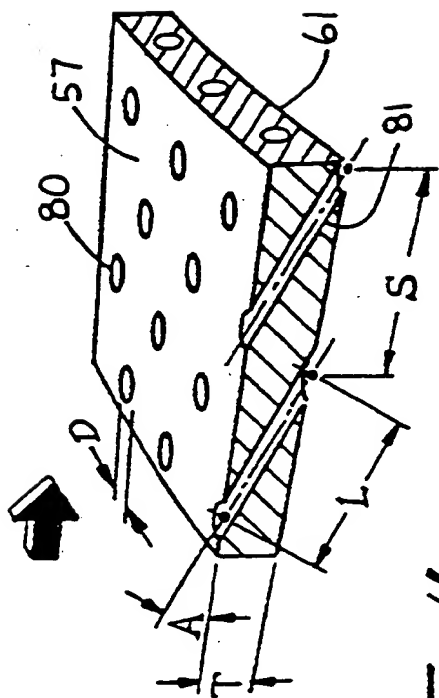


Fig. 4

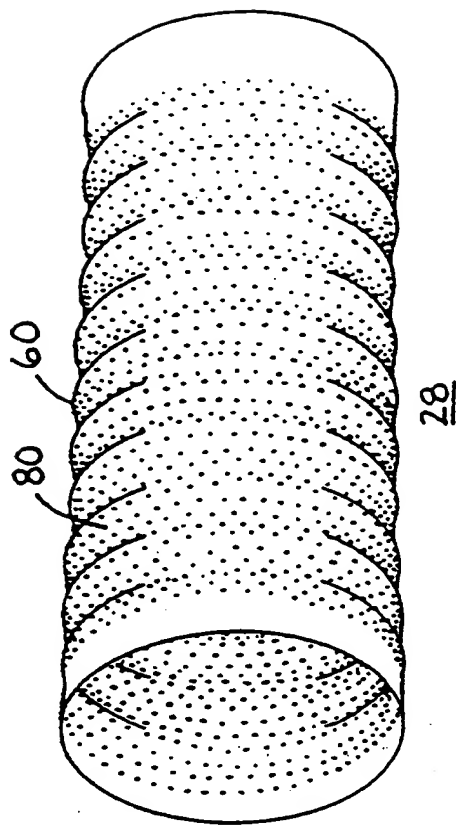


Fig. 5

THIS PAGE BLANK (USPTO)